ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 OCTOBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison de la séance annuelle des cinq Académies la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 27 octobre au lieu du lundi 26.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la configuration de l'acide a époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3*. Note de MM. **Marcel Delépine** et **Gaston Amiard**.

Nous nous sommes proposé de déterminer les situations respectives des deux méthyles de l'acide *a* époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 fus. à 91°,5 (I) [1]. Une solution de ce problème eût été de décarboxyler un des acides dihydrogénés correspondants (II) pris sous sa forme optiquement active et de constater si l'oxycarbure (III) qui en résulte était actif ou non. [Il était ici indifférent de partir de l'un ou l'autre des isomères fus. à 92° et 89° déjà décrits [2], puisque l'asymétrie du carbone porteur du carboxyle disparaît.] Cette opération effectuée, d'un oxycarbure actif on eût conclu que les deux méthyles sont en *trans*; d'un inactif, qu'ils sont en *cis*. Malheureusement, cette voie n'a pu être suivie : décarboxylation nulle, soit par chauffage prolongé de l'acide seul ou avec le nickel Raney, soit par chauffage avec le chromite de cuivre, dit 37 K. A. F., dans la quinoléine à 250° pendant 4 heures, ce qui passe pour être une bonne méthode de décarboxylation [3]. D'une expérience préliminaire exécutée avec de l'acide racémique (II), la seule observation qui put être faite, c'est qu'étant partis de l'acide pur fus. à 92°, c'est son isomère fus. à 89° que nous avons recueilli, ce qui concorde avec le fait que la chaleur isomérise le premier acide [2].

Une autre tentative, qui eût consisté à passer de l'amide de l'acide époxy-2.6 heptane carboxylique-3 à l'époxy-2.6 amino-3 heptane, de cette amine à l'alcool et à son ester halogéné avec déshalogénation subséquente, s'est montrée

---

(1) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 413.

(2) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 745.

(3) Voir K. Adler et E. Windemuth, *Ann. der Chem.*, 543, 1939, p. 39.

dès les premiers stades si difficile à mener que nous y avons renoncé, étant donné qu'il eût fallu partir de substances actives.

Ayant constaté enfin que l'acide non saturé (I) se décarboxylait par le chromite de cuivre, nous avons préparé l'époxy-2.6 heptène-3 (IV) actif, puis nous l'avons hydrogéné en présence de platine Adams. Les conclusions devaient être les mêmes que précédemment en partant de l'acide dihydrogéné. Chemin faisant, nous avons dû préparer l'époxy-2.6 heptène-2 actif (VI) pour écarter, par une étude comparative avec son isomère éthylénique en 3, des soupçons possibles sur la pureté de ce dernier.

(7) (6) (5)
CH^3-CH—CH^2 (4)
O I CH
CH^3-CH—C—CO^2H
(1) (2) (3)

—CH^2
II CH^2
—CH-CO^2H

CH^3-CH—CH^2
O III CH^2
CH^3-CH—CH^2

—CH^2
IV CH
—CH

CH^3-CH—CH^2
O V CH^2
CH^3-C═C—CO^2H

CH^3-CH—CH^2
O VI CH^2
CH^3-C═CH

CH^3-CH(OH)-CH^2
VII CH^2
CH^3-CO—CH^2

Époxy-2.6 *heptène*-3 (*ou diméthyl*-2.6 *dihydro*-5.6 *pyran*-1.2) $C^7H^{12}O$. — On chauffe pendant 4 heures à 230-240° au bain d'huile 10^g de l'acide (I), anhydre, placé dans un petit ballon tubulé à long col jouant le rôle de reflux avec 2^g de chromite de cuivre dispersé par une agitation vigoureuse dans 25^g de quinoléine récemment distillée, en ayant soin de diriger gaz et vapeurs dégagés dans un récipient refroidi par un mélange d'acétone et de neige carbonique; on recueille $5^g,7$ d'un liquide dont la redistillation fournit $2^g,6$ entre 115 et 116° et $1^g,4$ entre 116 et 117° sous la pression ordinaire. C'est l'oxycarbure (IV); il constitue un liquide incolore, très mobile, très volatil, d'odeur agréable un peu menthée. D_4^0 0,8913; D_4^{20} 0,8712; N_D^{13} 1,4392. R.M_D 33,6; calc. 33,50.

Cette expérience fut faite avec de l'acide racémique pour nous guider dans l'utilisation de l'acide actif dont l'obtention est plutôt laborieuse ([4]). Avec celui-ci pris sous forme dextrogyre ayant $[\alpha]_D + 240°$ (au lieu de 235° indiqué par Delépine et Willemart), nous avons obtenu dans deux opérations différentes des oxycarbures déviant respectivement sous 1^{dm} de 42°,75 et 43°,5 à l'état pur, soit $[\alpha]_D + 48°,8$ et 49°,7, ce qui montre une bonne constance des résultats. Dans l'éther, $[\alpha]_D + 41°,1$ (pour l'échantillon 48°,8). Dispersion : λ 589 = 1; λ 578, 1,05; λ 546, 1,2; λ 492, 1,43; λ 436 env. 2,08.

([4]) M. Delépine et A. Willemart, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 153.

En raison de l'emploi d'un catalyseur à température élevée laissant un doute sur la conservation du type de l'acide primitif, puisque Delépine et Horeau ([5]) ont montré que l'acide (I) se change sous l'influence du nickel Raney en l'acide (V) facilement décarboxylable, on pourrait imaginer que l'oxycarbure précédent s'est formé à la suite d'une transposition de (I) en (V). C'est pourquoi nous avons préparé aussi l'acide (V) actif déjà décrit par Delépine et Willemart, afin de le décarboxyler ([6]).

Époxy-2.6 heptène-2 actif (ou diméthyl-2.6 dihydro-5.6 pyran-1.4) $C^7H^{12}O$. — Il suffit, comme l'ont montré Fargher et Perkin avec le racémique ([7]), de chauffer vers 140-150° l'acide (V) actif dans un petit ballon à distillation genre Vigreux pour voir distiller l'oxycarbure (VI). 2^g d'acide actif lévogyre (provenant de l'isomérisation de l'acide *a* dextrogyre) ayant $[\alpha]_D - 267°$ (chlorof., *c* 4,4 %) ont donné $1^g,1$ d'oxycarbure, ayant $\rho_D - 65°7$ sous 1^{dm}, soit $[\alpha]_D - 73°,5$, la densité étant de 0,8935 à 15° (densité prise sur le racémique). Dispersion : pour λ 589, 1; pour λ 578, 546, 492, 436, respectivement 1,04, 1,16, 1,40 et 1,77.

Le renversement du pouvoir rotatoire observé avec l'acide se maintient dans l'oxycarbure (VI); il indique suffisamment que la transposition redoutée doit être nulle ou insignifiante. Pour avoir plus de certitude, nous avons examiné l'action de l'eau à chaud sur chacun des corps (IV) et (VI). L'époxy-2.6 heptène-2, comme l'ont indiqué Fargher et Perkin pour le racémique, chauffé en tube scellé à 75° avec 10 fois son poids d'eau pendant 4 heures, donne, dès la première heure, une solution homogène qui contient le céto-alcool (VII), l'heptanol-2 one-6. Nous avons d'abord effectué l'expérience avec le racémique et préparé sa semicarbazone avec le chlorhydrate de semicarbazide et l'acétate de sodium ajouté à la solution provenant du chauffage. La semicarbazone obtenue présente la composition $C^8H^{17}O^2N^3 + 2OH^2$; hydratée, elle fond à 62°; elle perd son eau dans le vide sur l'acide sulfurique et fond alors à 105° (fus. inst.). Perte d'eau, 19,1 au lieu de 19,25; N, 22,35 au lieu de 22,45. Elle est peu soluble à froid dans l'eau, plus à chaud, soluble à froid dans l'alcool éthylique, peu soluble à froid dans le benzène et le chloroforme, insoluble dans l'acétone et l'éther; caractères qui ont guidé pour la préparation de la semi-carbazone active.

Lors de la préparation du céto-alcool actif, nous avons trouvé que celui-ci était très faiblement lévogyre ($[\alpha]_D - 1°,6$ env.); sa semicarbazone est anhydre et fond à 103°; elle est un peu lévogyre, $[\alpha]_D - 15°$ (dans l'eau, *c* 0,03).

En répétant la même expérience avec l'oxycarbure (IV) actif, on n'observa aucune dissolution, et l'eau qui avait été chauffée avec lui ne donna pas trace de semicarbazone; il était donc exempt de son isomère.

([5]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 27.
([6]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 313.
([7]) *J. Chem. Soc.*, 105, 1914, p. 1353.

Époxy-2.6 heptane (*ou diméthyl-2.6 tétrahydropyran*) $C^7H^{14}O$. — On a opéré d'abord sur l'oxycarbure (IV) racémique : $3^g,25$ en 25^{cm^3} d'éther sec avec 1^g de platine Adams ont fixé 1^{mol} de H^2 par mol. d'oxycarbure en 17 minutes. On récolte un liquide incolore, très mobile, très volatil, d'odeur plus menthée que celle du corps non saturé. $É_{762}$ 114°; d_4^0 0,8616; d_4^{20} 0,8427; $N_D^{17.5}$ 1,4202. R. M_D 34,2; calc. 33,97.

La même expérience avec l'époxy-2.6 heptène-3 dextrogyre, mais en prolongeant l'hydrogénation pendant plus de 2 heures pour assurer la saturation, a fourni un liquide bouillant à 113°,5-115°, ayant $[\alpha]_D$ 0°,53. Une deuxième opération encore plus prolongée a donné $[\alpha]_D$ 0°,49 sensiblement la même valeur. Dispersion rotatoire λ 578, 1; pour λ 546, 492, 436; 1,15, 1,35, 1,55 à 1,75.

Il nous semble bien que l'oxycarbure saturé est réellement actif, mais on observera qu'il suffirait d'un centième du corps non saturé initial pour avoir les rotations observées. On est à la limite des certitudes. Nous avons tenté toutefois d'asseoir notre opinion en examinant l'action du permanganate de potassium comparativement sur le corps hydrogéné et son générateur éthylénique. Pour $0^g,1$ de ce dernier suspendu en 10^{cm^3} d'eau, on consomme 105^{cm^3} de MnO^4K à $3^g,16$ par litre, presque instantanément. En agissant de même avec $0^g,08$ de produit hydrogéné, la première goutte de permanganate met 5 minutes pour que la solution passe du violet au brun; en ajoutant deux autres gouttes (et un peu de SO^4K^2 pour coaguler l'oxyde), la liqueur surnageante est encore violette après une nuit.

Nous avons enfin traité un oxycarbure saturé (obtenu avec un dérivé non saturé partiellement racémique, ayant seulement $[\alpha]_D + 20°,2$ au lieu de 48°,8) par l'acide bromhydrique acétique en tube scellé à 100°. Nous avons obtenu un dibromo-2.6 heptane $É_{11}$ 107-109°,5, N_D^{16} 1.498, déviant de + 0°,5 sous 1^{dm}, donc actif. Nous ne croyons réellement pas que cette activité soit due à la permanence d'un peu de dérivé non saturé et, pour le moment, nous considérons la position *cis-trans* comme celle des deux méthyles dans l'acide *a* époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 fus. à 91°,5. L'acide *dl b* fus. à 94° a été obtenu en trop petite quantité pour se prêter à la démonstration complémentaire d'une constitution *cis*-diméthylée, les dédoublements nécessaires étant toujours des opérations de petit rendement.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'une Notice qu'il vient de publier sous le titre Paul Bert, *précurseur de l'organisation des recherches scientifiques dans les colonies*.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Mendélisme et consanguinité.*
Note de M. **Gustave Malécot**, présentée par M. Henri Villat.

Les croisements effectués par les éleveurs ou les horticulteurs entre individus de même souche, les questions que pose la consanguinité dans l'espèce humaine, ont conduit au problème général suivant (S. Wright, *Genetics*, 6, p. 111; *Amer. Nat.*, 56, p. 330; Haldane, *Annals of Eugenics*, 9, p. 4) : quel est l'effet, sur une population mendélienne, des accouplements entre individus apparentés ? Si l'on suppose que chaque individu a, avec ses divers parents des probabilités d'accouplement déterminées, ne dépendant que du mode de parenté, et non de la constitution génétique, des conjoints (hypothèse de *consanguinité pure*), il est aisé de montrer (G. Malécot, *Annales de l'Université de Lyon*, 1941; *Sciences*, p. 45) que les probabilités pour qu'un gène pris au hasard chez un enfant, c'est-à-dire une *gamète* de cet enfant, présente l'un ou l'autre des deux états *allélomorphes* A et a, sont indépendantes du degré de parenté de ses parents et restent constantes d'une génération à l'autre. Nous les désignerons par p et q. Chaque individu pourra présenter les trois génotypes AA, Aa, aa avec des probabilités P, 2Q, R, satisfaisant à $P+Q=p$ et $Q+R=q$. Mais, au contraire des *probabilités des gamètes* p et q, les *probabilités des génotypes* P, 2Q, R, ne sont pas constantes, elles dépendent du degré de consanguinité de l'individu considéré H_1. S. Wright a proposé de mesurer cette consanguinité par le coefficient de corrélation f entre les deux gamètes $\mathcal{H}$ et $\overline{\mathcal{H}}$ qui se sont unies pour former cet individu. On obtient alors (G. Malécot, *Thèse*, p. 56)

$$(1) \qquad P=p(p+fq), \quad 2Q=2pq(1-f), \quad R=q(q+fp).$$

Le coefficient f, appelé par Wright *coefficient de consanguinité* de H_1, ne dépend que du mode de parenté des parents H et $\overline{H}$ de H_1, aussi l'appelons-nous également *coefficient de parenté de* H et $\overline{H}$. Il mesure la corrélation entre une gamète $\mathcal{H}$ prise au hasard chez H et une gamète $\overline{\mathcal{H}}$ prise au hasard chez $\overline{H}$. Il est possible de le calculer pour un mode de parenté quelconque grâce à la remarque suivante : les formules (1) expriment que, chez H_1, les probabilités des génotypes sont les mêmes que si les gamètes $\mathcal{H}$ et $\overline{\mathcal{H}}$ (qu'on peut regarder chacune comme une aléatoire prenant avec les probabilités p et q les états A et a) avaient la probabilité f d'être identiques et la probabilité $1-f$ d'être indépendantes. Les lois de Mendel se traduisent alors par le

Théorème I. — *Le coefficient de parenté de deux individus* H_1 *et* H_2 *est la demi-somme des coefficients de parenté avec* H_2 *des parents de* H_1 (*à condition que* H_1 *ne soit pas un ancêtre de* H_2).

En appelant *coefficient de parenté* partiel de H_1 avec H_2 par l'intermédiaire d'une chaîne d'ascendants remontant de H_1 à l'un A des ancêtres d'ordre n de H_1 la fraction $1/2$ du coefficient de parenté de A avec H_2, on en déduit le

THÉORÈME II. — *Si* H_1 *n'est pas un ancêtre de* H_1, *le coefficient de parenté de* H_1 *avec* H_2 *est la somme des coefficients partiels par l'intermédiaire de toutes les chaînes d'ascendants remontant de* H_1 (*chaque chaîne étant supposée terminée au premier ancêtre de* H_2 *que l'on rencontre en la remontant*).

On est ainsi ramené à calculer les coefficients de parenté avec H_2 de certains de ses ancêtres; ce calcul se fait encore par l'application du théorème II et conduit au

THÉORÈME III. — *Le coefficient de parenté entre deux individus* H_1 *et* H_2 *est*

$$f = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^{\pi+\rho} \frac{(1+f_A)}{2}. \tag{2}$$

La somme Σ *étant étendue à* toutes *les chaînes de parenté distinctes reliant* H_1 *et* H_2, *chaque chaîne de parenté étant la réunion de deux chaînes d'ascendants remontant de* H_1 *et* H_2 *à un ancêtre commun* A *et n'ayant pas d'autre individu commun que* A ($n+p$ *est le nombre de chaînons de cette chaîne*, f_A *le coefficient de consanguinité de* A).

On en déduit aisément (Malécot, *loc. cit.*) la valeur du coefficient de corrélation entre les génotypes des deux individus, fournis par Wright (*loc. cit.*) et justifiée par lui dans des cas particuliers, par la méthode des *path coefficients*, méthode insuffisante à cause des conditions de linéarité qu'elle postule.

On peut montrer (*loc. cit.*) que les résultats précédents subsistent si le gêne peut prendre, au lieu de 2, un nombre quelconque k d'états allélomorphes.

Applications. — 1° La formule (2) permet de calculer f pour tout individu dont on connaît la *lignée* (pedigree) et d'en déduire d'après (1) les probabilités pour qu'il présente chacun des trois génotypes. Elle permet ainsi de préciser numériquement les inconvénients de la consanguinité (diminution de la probabilité $2Q$ de l'hétérozygote; augmentation considérable de la probabilité R de l'homozygote aa dans le cas d'un gène a récessif rare : $R \neq q^2$ pour un individu sans consanguinité, $R \neq fq$ pour un individu de coefficient de consanguinité f; dans le cas où les parents sont cousins germains $f = 1/16$).

2° Dans une population nombreuse où la moyenne des coefficients de consanguinité des individus est f, les formules (1) fournissent les fréquences des trois génotypes. Une évaluation approximative de f a été faite par Haldane (*loc. cit.*) pour une population anglaise ($f = 0{,}6\ \%$) et pour une population israélite ($f > 1\ \%$).

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Directrices de Wilczynski.* Note de M. **Marcel Decuyper**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous allons calculer, en fonction de z et de ses dérivées d'ordres 1, 2, 3, les invariants β, γ introduits par MM. Fubini et Čech dans l'étude de la surface $z=f(x, y)$; nous déterminerons ensuite les deux directrices de Wilczynski, avec les dérivées de z jusqu'à l'ordre 4.

La surface est rapportée à ses asymptotiques u, v; M est le point courant, M_1, M_2 les points où la seconde directrice coupe les tangentes asymptotiques, M_3 le point où la première directrice coupe la quadrique de Lie; avec un choix convenable des coordonnées homogènes pour chaque point M, M_1, M_2, M_3, on a

$$(1)\quad \begin{cases} M_u=\dfrac{M}{2}(\log\gamma)_u+M_1, & M_v=\dfrac{M}{2}(\log\beta)_v+M_2, \\ M_{1_u}=MB^2-\dfrac{M_1}{2}(\log\gamma)_u+\beta M_2, & M_{1_v}=Ml+\dfrac{M_1}{2}(\log\beta)_v+M_3, \\ M_{2_u}=Mk+\dfrac{M_2}{2}(\log\gamma)_u+M_3, & M_{2_v}=MA^2+M_1\gamma-\dfrac{M_2}{2}(\log\beta)_v, \end{cases}$$

où les fonctions β, γ, A, B, k, l satisfont à diverses conditions; appelons ρx, ρy, ρz, ρ les coordonnées de M et X_i Y_i, Z_i, T_i les coordonnées de M_i ($i=1, 2, 3$). On a, d'après (1), avec permutations circulaires sur x, y, z,

$$(2)\quad \begin{cases} X_1=\rho_u x+\rho x_u-\dfrac{\rho x}{2}(\log\gamma)_u, & X_2=\rho_v x+\rho x_v-\dfrac{\rho x}{2}(\log\beta)_v, \\ T_1=\rho_u-\dfrac{\rho}{2}(\log\gamma)_u, & T_2=\rho_v-\dfrac{\rho}{2}(\log\beta)_v. \end{cases}$$

En reportant dans M_{1_u}, on peut écrire

$$\frac{2\rho_u}{\rho}x_u-\beta x_v+x_{uu}=0,\qquad \frac{2\rho_u}{\rho}y_u-\beta y_v+y_{uu}=0,\qquad \frac{2\rho_u}{\rho}z_u-\beta z_v+z_{uu}=0,$$

$$\beta=\frac{x_u y_{uu}-x_{uu}y_u}{x_u y_v-x_v y_u},\qquad \frac{2\rho_u}{\rho}=\frac{x_v y_{uu}-x_{uu}y_v}{x_u y_v-x_v y_u}.$$

Profitant de ce que $u=\text{const.}$, $v=\text{const.}$ sont les courbes intégrales de $r\,dx^2+2s\,dx\,dy+t\,dy^2=0$, on a

$$(3)\quad \frac{y_u}{x_u}=\frac{\sqrt{s^2-rt}-s}{t},\qquad \frac{y_v}{x_v}=\frac{-\sqrt{s^2-rt}-s}{t}.$$

Appelant a, b, c, d les dérivées d'ordre 3 de z en x et y, on obtient par dérivation de (3)

$$x_u y_{uu}-x_{uu}y_u=\frac{x_u^3}{2t^3\sqrt{s^2-rt}}\left(A+B\sqrt{s^2-rt}\right),$$

$$A=-at^3-3bt^2s+3ct(rt-2s^2)+ds(4s^2-3rt),\qquad B=-3bt^2+6cst+d(rt-4s^2)$$

et finalement

$$(4)\qquad \beta = \frac{-x_u^2}{x_v}\,\frac{A + B\sqrt{s^2 - rt}}{4t^2(s^2 - rt)}, \qquad \gamma = \frac{-x_v^2}{x_u}\,\frac{A - B\sqrt{s^2 - rt}}{4t^2(s^2 - rt}.$$

2. Déterminons maintenant la première directrice : de (1) on tire

$$M_3 = M_{1_v} - Ml - \frac{M_1}{2}(\log\beta)_v,$$

et nous avons les paramètres directeurs de cette directrice sous la forme

$$\xi = \frac{x_u}{2}\left(\frac{2\rho_v}{\rho} - \frac{\beta_v}{\beta}\right) + \frac{x_v}{2}\left(\frac{2\rho_u}{\rho} - \frac{\gamma_u}{\gamma}\right) + x_{uv}, \qquad \eta = \ldots, \qquad \zeta = \ldots.$$

En utilisant les valeurs trouvées par β, γ, $2(\rho_u/\rho)$, $2(\rho_v/\rho)$, on peut écrire

$$\xi = \frac{3}{2}x_{uv} - \frac{x_u}{2}\,\frac{(x_u y_{uu} - x_{uu} y_u)_v}{x_u y_{uu} - x_{uu} y_u} - \frac{x_v}{2}\,\frac{(x_v y_{vv} - x_{vv} y_v)_u}{x_v y_{vv} - x_{vv} y_v},$$

$$\eta = \frac{3}{2}y_{uv} - \frac{y_u}{2}\,\frac{(x_u y_{uu} - x_{uu} y_u)_v}{x_u y_{uu} - x_{uu} y_u} - \frac{y_v}{2}\,\frac{(x_v y_{vv} - x_{vv} y_v)_u}{x_v y_{vv} - x_{vv} y_v}.$$

Nous éliminons y_u et y_v par les formules (3); pour obtenir x_{uv}, y_{uv} nous dérivons $rx_u^2 + 2sx_u y_u + ty_u^2 = 0$ en v et $rx_v^2 + 2sx_v y_v + ty_v^2 = 0$ en u, d'où

$$\frac{x_{uv}}{x_u x_v} = \frac{at^2 - 3bst + c(2s^2 + rt) - drs}{2t(s^2 - rt)}, \qquad \frac{y_{uv}}{x_u x_v} = \frac{-ats + b(2s^2 + rt) - 3crs + dr^2}{2t(s^2 - rt)}.$$

Pour calculer ζ, nous déterminons

$$z_{uv} = px_{uv} + qy_{uv} + rx_u x_v + s(x_u y_v + x_v y_u) + ty_u y_v.$$

Finalement ξ, η, ζ sont égaux aux produits par $x_u x_v$ de ξ_1, η_1, ζ_1 avec

$$\begin{aligned}
\xi_1 = {} & \frac{-5t^2(at - 2bs + cr) + 5st(bt - 2cs + dr) + 12(s^2 - rt)(ct - ds)}{4t^2(s^2 - rt)} \\
& - \frac{1}{t[A^2 - (s^2 - rt)B^2]}\Bigg[tAA_x + [-sA + (s^2 - rt)B]A_y \\
& \qquad - (s^2 - rt)tBB_x - (s^2 - rt)(A - Bs)B_y \\
& \qquad + \frac{(A - Bs)(bt - 2sc + rd) + Bt(at - 2sb + rc)}{2}B\Bigg],
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\eta_1 = {} & \frac{5st(at - 2bs + cr) - 5rt(bt - 2cs + dr) - 6(s^2 - rt)(bt - dr)}{4t^2(s^2 - rt)} \\
& + \frac{1}{t[A^2 - (s^2 - rt)B^2]}\Bigg[[sA + (s^2 - rt)B]A_x - ArA_y \\
& \qquad - (s^2 - rt)(A + Bs)B_x + (s^2 - rt)BrB_y \\
& \qquad + \frac{(A + Bs)(at - 2sb + rc) - Br(bt - 2sc + dr)}{2}B\Bigg],
\end{aligned}$$

$$\zeta_1 = p\xi_1 + q\eta_1 - 2\frac{s^2 - rt}{t}.$$

On voit que ces paramètres directeurs dépendent linéairement des dérivées partielles du quatrième ordre de z.

3. Enfin la seconde directrice M_1M_2 peut être définie comme intersection du plan tangent avec le plan OM_1M_2. L'équation de ce plan fait apparaître

des quantités calculées précédemment ; on obtient l'équation rationnelle

$$(Z - pX - qY)\Bigg[x(r\xi_1 + s\eta_1) + y(s\xi_1 + t\eta_1) + \frac{x(at - 2sb + rc) + y(bt - 2sc + rd)}{2t} + \frac{d(t^2 - r^2)(sx + ty)}{4t(s^2 - rt)} + \frac{2(s^2 - rt)}{t}\Bigg] - X(px + qy - z)\left(r\xi_1 + s\eta_1 + \frac{at - 2sb + rc}{t}\right) - Y(px + qy - z)\left[s\xi_1 + t\eta_1 + \frac{bt - 2sc + rd}{2t} + \frac{d(t^2 - r^2)}{4(s^2 - rt)}\right] = 0.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements avec sillage.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

L'idée qui est à l'origine de ces résultats théoriques est la suivante : *rechercher les lignes de jet* [*ou les profils des surfaces de jet* dans le cas des écoulements tridimensionnels symétriques ([1])] *comme trajectoires de points matériels libres de masse égale à l'unité et obéissant à la loi* $\vec{\gamma} = -\overrightarrow{\text{grad}}\, p$. Les forces de masse sont supposées nulles et le fluide incompressible de masse spécifique unité. On se bornera, pour simplifier, à des mouvements plans et à un seul obstacle symétrique par rapport à Ox (O étant le point de bifurcation) pouvant présenter des points $P_1, \ldots, P_n$ de discontinuité de première espèce pour sa courbure. Soit P_0 le point où se détache la ligne de jet venant après P_n. Tous ces points sont relatifs au demi-plan supérieur ($y > 0$). Les équations intrinsèques de la particule matérielle (de masse 1) qui décrit le contour $x'OP_0\lambda$, soit C, obtenues de l'équation vectorielle précédente, font intervenir dp/dn et dp/ds, s étant l'arc de C mesuré de O dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ la direction de la normale principale. On peut exprimer dp/dn en fonction de $p(s)$, p_0, v_0 et ρ (rayon de courbure de C). On en déduit, si $\Phi = \log v$ dans le fluide, que Φ est harmonique et $d\Phi/dn$ est égale à zéro sur toute partie rectiligne du contour, à $1/\rho$ sur toute partie non rectiligne sauf sur (λ), ligne de jet, où elle est égale à zéro et où $\Phi = 0$. On envisage alors la fonction $z = G(Z)$ faisant la transformation conforme du domaine occupé par le fluide sur l'intérieur d'un cercle centré en origine et de rayon unité de manière que O et le point à l'infini correspondent aux points A(1, 0) et A'(−1, 0) du cercle. Soient σ_i et σ_0 les abscisses curvilignes mesurées à partir de A des homologues de P_i et P_0. Posons $g(\sigma) = |G'(Z)|$. On a $ds = g(\sigma)\,d\sigma$, $d\varphi/dn = (d\Phi/dn)\,g(\sigma)$, φ étant la fonction harmonique dans le cercle, transformée de Φ. Elle est continue sur la circonférence, négative, et peut devenir infinie ; $d\varphi/dn$ a des

([1]) *Journal de Mathématiques*, 1942, fasc. 2, p. 155.

valeurs déduites de ce qui précède. L'égalité des arguments dans la relation $dz = G'(Z)\,dZ$ donne $\theta(s) = \alpha(\sigma) + \sigma + (\pi/2)$, θ étant l'angle de C avec Ox et $\alpha(\sigma)$ l'argument de $G'(Z)$. On montre que $[1/\rho(s)]\,g(\sigma) = \pm[\alpha'(\sigma)+1]$ suivant que C est concave ou convexe vers le fluide, et que [2]

$$\text{(I)} \qquad \log g(\sigma) = \beta_0 - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} [\alpha(\tau) - \alpha(\sigma)] \operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau.$$

Si l'on remplace, dans les deux formules précédant celle-ci, s par sa valeur en fonction de σ tirée de ds, on obtient deux autres formules équivalentes que l'on désignera par (II) et (II'). On trouve pour la valeur sur la circonférence de la fonction harmonique conjuguée ψ de φ la valeur

$$-\psi(\sigma) = \alpha(\sigma) + \sigma + \frac{\pi}{2} - \theta(0+0) - \sum_{i=1}^{s_i<s} [\theta(s_i+0) - \theta(s_i-0)]$$

pour $0 < \sigma < \pi$ et $\psi(\sigma) = 0$ pour $-\pi < \sigma < 0$. $\psi(\sigma)$ est continue, bornée (alors que φ ne l'est pas) sur le cercle et a une seule discontinuité de 1re espèce en $\sigma = \pi$ de saut connu; elle est constante sur toute partie rectiligne du contour. $\psi'(\sigma)$ est continue, sauf pour $\sigma = 0, \sigma_1, \ldots, \sigma_n, \pi$, où elle peut éprouver des discontinuités de 1re espèce, sauf peut-être pour $\sigma = \pi$. De plus $d\psi/dn = 0$ pour $\sigma_0 < \sigma < \pi$. Cette dernière relation donne, si l'on utilise les expressions de la dérivée normale [3] données par M. Villat ou moi-même, des formules que l'on désignera par (III) ou (III'). Enfin on désignera par (IV) les formules qui donnent s_i à partir de ds. On arrive ainsi au *résultat* suivant :

L'équation (I) donne $g(\sigma)$ en fonction de $\alpha(\sigma)$, laquelle n'étant pas connue sur les parties non rectilignes du contour et sur (λ), on considérera les équations (II) ou (II') valables dans (σ_i, σ_{i+1}), (σ_n, σ_0) et l'équation (III) valable dans (σ_0, π) qui permettent, théoriquement, la détermination de $\alpha(\sigma)$ en fonction de $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n$ et σ_0. $\rho(s)$ *ou* $\theta(s)$ *étant alors connu*, c'est l'*équation intrinsèque de* (λ) *qui est connue. La ligne de jet* se trouve ainsi déterminée. Enfin σ_0 sera déterminé en écrivant que la valeur de θ, ou ρ, ainsi trouvée, égale celle relative au contour pour $\sigma = \sigma_0$.

Applications. — 1° *Cas de la barre.* — En utilisant la formule (III), on trouve que ψ', donc α', est donnée par l'équation intégrale valable pour $\sigma_0 < \sigma < 0$

$$2\left[\operatorname{Log}\frac{\sin\frac{\sigma-\sigma_0}{2}}{\cos\frac{\sigma}{2}}\right]\psi'(\sigma) + \int_{\sigma_0}^{\pi} [\psi'(\tau) - \psi'(\sigma)] \operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau = 0.$$

Une formule analogue est obtenue par l'emploi de (III').

---

(2) Application d'une formule bien connue, de M. Villat (*Bull. Soc. math. de France*, 39, 1911, p. 443).

(3) Voir Vasilesco, *Publications sc. et tech. du Ministère de l'Air*, 29, p. 30.

2° *Cas de l'obstacle circulaire.* — On peut prendre pour rayon l'unité. On obtient deux équations intégrodifférentielles pour déterminer les tronçons ψ_1 et ψ_2 de ψ dans les intervalles $(0, \sigma_0)$ et (σ_0, π)

$$2\left[\operatorname{Log}\frac{\sin\dfrac{\sigma-\sigma_0}{2}}{\cos\dfrac{\sigma}{2}}\right]\psi'_2(\sigma)+\int_0^{\sigma_0}\psi'_1(\tau)\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau+\int_{\sigma_0}^{\pi}[\psi'_2(\tau)-\psi'_2(\sigma)]\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau=0$$

valable pour $\sigma_0<\sigma<\pi$, et

$$\begin{aligned}\operatorname{Log}'\psi'_1(\sigma)=\beta_0-\frac{1}{\pi}\left[\operatorname{Log}\frac{\sin\dfrac{\sigma}{2}}{\sin\dfrac{\sigma_0-\sigma}{2}}\right]\psi_1(\sigma)+\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(\tau-\sigma)\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau\\+\frac{1}{2\pi}\int_0^{\sigma_0}|\psi_1(\tau)-\psi_1(\sigma)|\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau+\frac{1}{2\pi}\int_{\sigma_0}^{\pi}\psi_2(\tau)\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau\end{aligned}$$

pour $0<\sigma<\sigma_0$. On doit avoir $\psi_1(\sigma_0)=\psi_2(\sigma_0)$. On peut ramener, par une transformation simple, ces équations au système canonique

$$0=b_2u'_2(\sigma)+\int_0^{\sigma_0}u'_1(\tau)k_1(\tau,\sigma)\,d\tau+\int_0^{\sigma_0}[u'_2(\tau)-u'_2(\sigma)k_2(\tau,\sigma)\,d\tau,$$

$$\operatorname{Log}'u'_1(\sigma)=b_0+b_1u_1(\sigma)+\int_0^{\sigma_0}|u_1(\tau)-u_1(\sigma)|k_1(\tau,\sigma)\,d\tau+\lambda\int_0^{\sigma_0}u_2(\sigma)k_2(\tau,\sigma)\,d\tau,$$

où les b sont des fonctions de σ, lequel varie entre zéro et σ_0, *ces valeurs étant exclues.*

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mécanisme élémentaire de l'électrolyse aqueuse.* Note (¹) de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. Aimé Cotton.

La théorie d'Arrhenius sur la constitution des électrolytes implique l'indépendance des ions chargés dans une solution aqueuse. Si l'on vient à créer dans le liquide un champ électrique, les ions se mettent en mouvement dans le sens imposé par le signe de leur charge et se déchargent aux électrodes. En n'admettant que ces hypothèses, les lois de l'électrostatique nous montrent qu'un tel phénomène doit se produire sans aucune dépense d'énergie au voisinage des électrodes. Il y a là certainement une difficulté, puisqu'on sait qu'un grand nombre d'électrolyses exigent une différence de potentiel minima pour que le courant commence à passer et que cette différence de potentiel peut servir, par des considérations thermodynamiques dues à Gibbs et à Helmholtz, à calculer l'énergie chimique du système. Cette contradiction peut être levée par une application plus détaillée de l'électrostatique aux ions et aux molécules du dissolvant. En effet, autour de chaque ion, un champ électrique

(¹) Séance du 12 octobre 1942.

intense a pour effet d'orienter les doublets électriques que constitue une molécule polaire comme celle de l'eau. Cette façon de voir est adoptée par les physiciens qui considèrent aujourd'hui les ions comme entourés d'eau. Cette eau est orientée de manière que le signe électrique de la couche extérieure soit le même que celui de l'ion. Ces considérations très simples nous permettent à la fois d'expliquer la difficulté que suggère la théorie d'Arrhenius et de retrouver, d'une manière déductive, la théorie de l'électrolyse que nous avons publiée précédemment et appliquée à de nombreuses reprises.

Supposons en effet qu'un ion K chargé positivement soit attiré vers la cathode; comme il est entouré d'eau orientée, le contact avec la cathode a lieu non pas avec l'ion lui-même mais avec la couche extérieure, qui est de l'hydrogène. La décomposition qui se produit alors est une rupture de la molécule d'eau et une mise en liberté d'hydrogène atomique, tandis que le groupement OH de charge opposée à celle de K se combine avec lui pour donner KOH. En somme, au pôle négatif, l'acte élémentaire est une électrolyse d'eau, dont les produits juxtaposés sont l'hydrogène atomique et la base du sel dissous.

Ceci peut expliquer très facilement que le potentiel minimum est le même pour une série très diverse d'électrolytes dans l'électrolyse desquels il n'apparaît aux pôles ni métal, ni métalloïde.

Ce potentiel minimum correspond d'ailleurs au travail de décomposition réversible de l'eau; et ainsi se trouve justifiée une expression des vieux traités de chimie abandonnée à tort : « on électrolyse l'eau rendue conductrice par addition de soude ou d'acide sulfurique ». C'est la raison pour laquelle ce potentiel minimum est le même pour une solution de sulfate ou de phosphate alcalin, de soude, d'acide sulfurique, d'acide perchlorique, car, dans tous les cas, il représente le travail de décomposition réversible de l'eau pure.

Lorsque les éléments de décomposition de l'eau réagissent sur les acides ou les bases mis en liberté au contact des électrodes, il se constitue ainsi une pile secondaire dont la force électromotrice s'oppose à celle du générateur et peut même s'annuler. C'est de cette manière que l'on explique, dans la théorie que j'ai donnée, le fait qu'une électrolyse de sulfate de cuivre avec électrodes de cuivre correspond à une force électromotrice nulle. En effet, le courant commence par décomposer de l'eau à chaque électrode avec accomplissement de la réaction suivante : $\frac{1}{2}H^2O = H + \frac{1}{2}O$ en même temps qu'il apparaît, ainsi que nous venons de le montrer, $\frac{1}{2}CuO$ à la cathode et $\frac{1}{2}SO^4H^2$ à l'anode.

Mais il se constitue automatiquement une pile inversée dont les réactions sont :

1° au pôle positif de cette pile $\frac{1}{2}CuO + H = \frac{1}{2}Cu + \frac{1}{2}H^2O$;

2° au pôle négatif de cette pile $\frac{1}{2}Cu + \frac{1}{2}O = \frac{1}{2}CuO$ (le cuivre étant emprunté à l'anode de l'électrolyse), $\frac{1}{2}SO^4H^2 + \frac{1}{2}CuO = \frac{1}{2}SO^4Cu + \frac{1}{2}H^2O$,

ces deux réactions 1° et 2° régénérant l'eau qui avait été décomposée par le courant à chaque électrode.

La thermodynamique, par le raisonnement de Gibbs et de Helmholtz, nous enseigne que la force électromotrice est nulle puisque le bilan chimique de l'opération totale se traduit par un simple déplacement de cuivre de l'anode à la cathode. L'acte élémentaire de l'électrolyse se ramène donc :

1° au transport des ions plus ou moins hydratés dans le sein du liquide, phénomène qui explique classiquement la conductibilité électrique des solutions;

2° à la décomposition au voisinage des électrodes des molécules polaires du dissolvant, phénomène que nous apercevons directement dans l'électrolyse du sulfate de sodium dissous et dont nous constatons seulement les effets secondaires dans l'électrolyse d'un sel comme le nitrate d'argent ou l'iodure de sodium (apparition d'argent ou d'iode).

En résumé, en partant de l'hypothèse d'Arrhenius et de la notion, commandée par l'électrostatique, d'hydratation des ions, on déduit, par des raisonnements simples, que le phénomène élémentaire de l'électrolyse est la décomposition de l'eau superposée à la mise en liberté d'acide et de base.

L'électrolyse par étincelle et l'électrolyse par l'intermédiaire d'électrodes en eau pure montrent ces phénomènes sans effet secondaire.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Détermination du seuil photoélectrique du cuivre.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

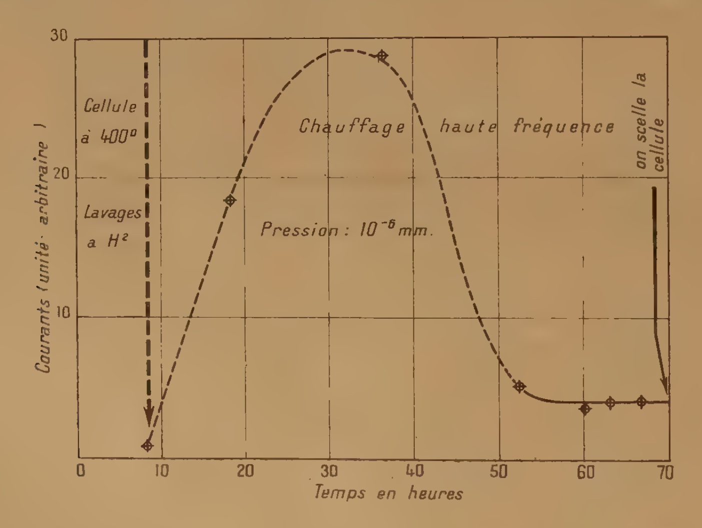
Dans le présent travail j'ai étudié, au cours d'un chauffage poussé, sous vide, les variations du courant photoélectrique émis par une lame de cuivre exposée au rayonnement total de l'arc au mercure. Lorsque je n'ai plus constaté de variations, l'ampoule contenant le cuivre a été scellée.

De l'étude de l'émission photoélectrique en fonction de la longueur d'onde, j'ai déduit la valeur de la longueur d'onde du seuil.

1° *Opérations de dégazage.* — L'échantillon étudié est du cuivre électrolytique ayant subi une fusion sous vide; il m'a été fourni par M. Chaudron. La cellule qui le contient, uniquement constituée de quartz, de pyrex et de tungstène soudés entre eux, est scellée sur l'appareil à vide. Entre le dernier piège à air liquide et la cellule, il n'y a ni joints, ni robinets graissés. La pression est mesurée par une jauge à ionisation. On peut introduire dans le banc de pompage de l'hydrogène très pur (obtenu par osmose à travers du palladium chauffé) destiné à réduire la mince couche d'oxyde qui a pu se former sur le cuivre au contact de l'air. Au début de l'expérience, la cellule est portée, pendant plusieurs heures, à 400° et soumise à des lavages successifs à l'hydrogène. Ensuite, la pression étant maintenue à une valeur de 10^{-6} mm, le cuivre est soumis de façon intermittente à l'action d'un four à induction

(32 heures effectivement au rouge). Porté d'abord au rouge sombre, il est chauffé de plus en plus énergiquement (début de volatilisation en fin d'expérience). Périodiquement, après avoir laissé le cuivre se refroidir, on mesure le courant photoélectrique. Ses variations au cours du chauffage sont représentées par la courbe ci-dessous. La cellule a été scellée après 70 heures de pompage.

2° *Détermination du seuil.* — J'ai interprété les résultats expérimentaux par la méthode de Fowler [1], qui donne un seuil indépendant de la sensibilité des appareils de mesure (seuil au 0° absolu) [2]. Elle nécessite la connaissance, à un facteur constant près, de l'émission photoélectrique en fonction de la longueur d'onde pour une température donnée. Cette fonction a été déduite de la comparaison de la cellule au cuivre avec une cellule à fluorescence [3] pour les raies de l'arc au mercure de longueurs d'onde : 2652, 2537, 2482, 2399, 2378, 2345 Å. Le seuil ainsi déterminé a pour longueur d'onde, 2660 Å. J'ai, par la suite, porté plusieurs fois au rouge l'échantillon de cuivre dans son ampoule scellée; après ces chauffages, j'ai procédé à de nouvelles déterminations du seuil. Les valeurs trouvées s'échelonnent de 2600 à 2750 Å. Ces



déplacements, après toutes les précautions prises, s'expliquent par l'énorme difficulté qu'il y a à conserver, dans un tube scellé, un métal parfaitement exempt de gaz adsordé.

En appliquant la méthode de Fowler [2] aux courbes publiées par Rentschler [4] d'une part et par Schulze [5] d'autre part, relatives à l'étude en

---

[1] Du Bridge, *New theories of the photoelectric effect* (*Actual. Scient.*, Paris, n° **268**); Fowler, *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 45.

[2] Les calculs ont été faits avec T = 293° K.

[3] Déjardin et Schwegler, *Revue d'Optique*, **13**, 1934, p. 313.

[4] *Rev. of Scient. Inst.*, **3**, 1932, p. 794.

[5] *Zeits. für Phys.*, **92**, 1934, p. 212.

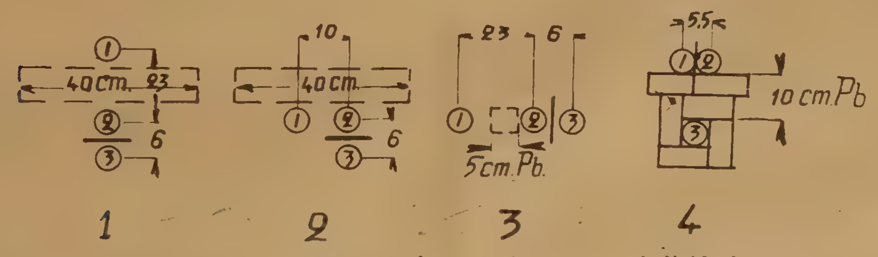
tubes scellés de couches de cuivre pulvérisé ou volatilisé dans le vide, j'ai obtenu, aux erreurs près dues à la petitesse des échelles graphiques, les nombres respectifs de 2800 et 2650 Å. Ces valeurs concordent assez bien avec celle que je donne pour du cuivre massif soigneusement dégazé.

D'autre part les mesures d'émission thermoioniques de Gœtz (voir Reimann, *Thermoionic emission*) conduiraient à une valeur approximativement égale à 2850 Å.

RAYONS COSMIQUES. — *Gerbes de rayons cosmiques contenant des particules asynchrones.* Note de M. **André Fréon**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Le phénomène des gerbes de rayons cosmiques est caractérisé par la cohérence dans le temps et dans l'espace d'un ensemble de particules traversant les appareils de mesure. Les gerbes observées jusqu'alors paraissaient formées de particules simultanées, autant que le pouvoir séparateur des appareils employés permettait de l'affirmer. Les expériences décrites ici mettent en évidence l'existence de particules cohérentes asynchrones.

2. Le montage utilisé comprend trois compteurs de Geiger-Müller attaquant à la fois deux sélecteurs de coïncidences S_1 et S_2, ayant des pouvoirs de réso-



Schémas des dispositifs employés (compteurs de 110 cm², comptages individuels 220 chocs/min.).

lution respectifs de 1,5 et 8,5 μ-sec. Par un dispositif spécial comprenant un relais rapide, le fonctionnement du premier sélecteur bloque celui du second.

Le comptage N_1 de S_1 indique donc le nombre des coïncidences synchrones à moins de 1,5 μ-sec près, tandis que le comptage N_2 de S_2 donne le nombre de fois où un ou deux des trois compteurs ont fonctionné avec un décalage dans le temps compris entre $\pm 1,5$ et $\pm 8,5$ μ-sec par rapport au troisième.

Ce fait peut être dû aux compteurs eux-mêmes par suite de la capture d'électrons par les atomes du gaz contenu dans ceux-ci, occasionnant, dans les conditions présentes, un comptage de fond N'_2 égal à environ $(5.10^{-3}).N_1$ (¹). Le nombre des coïncidences fortuites est négligeable, même pour S_2.

(¹) Maze, 1941 (Résultats non publiés).

3. Les mesures, faites à 2^m au-dessous d'un toit en terrasse relativement léger (A), puis dans une cabane en bois (B), présentant une absorption négligeable, sont résumées dans le tableau ci-après, les compteurs ayant été disposés suivant les schémas de la figure ci-dessus.

			(A).			(B).		
E.	D.	Écran gr/cm².	N_1.	N_2.	$(N_2/N_1).10^3$.	N_1.	N_2.	$(N_2/N_1).10^3$.
1...	1	0	362±2,5	2,10 ±0,19	5,82±0,52	390 ±3,5	1,90 ±0,35	4,9 ±0,9
2...	1	114 Pb.	291±2,5	1,41 ±0,17	4,85±0,6	306,9±2,5	1,44 ±0,17	4,67±0,56
3...	2	0	26,4±0,4	0,355±0,05	13,4±1,8	14,2±0,3	0,228±0,04	16,1±2,5
4...	2	5 Al.	33,4±1,4	0,18 ±0,1	5,4±3,1	20,2±0,4	0,224±0,05	11 ±2,7
5...	2	10 Al.	40,4±0,66	0,26 ±0,05	6,44±0,88	26 ±1	0,402±0,12	15,4±4,6
6...	2	15 Al.	–	–	–	24.6±1,6	0.5 ±0,3	21 ±9
7...	2	20 Al.	39,3±0,8	0,26 ±0,065	6,63±1,65	26,2±0,8	0,17±0,07	6,6±2,5
8...	2	114 Pb.	17,1±0,6	0,065±0,04	3,8 ±2,1			
9...	3	0	13,7±0,5	6,09 ±0,04	6,6 ±3,3			
10...	3	57 Pb.	10,7±0,5	0,05 ±0,04	4,8 ±3,3			

E, expériences; D, disposition.

La nature (aluminium ou plomb) et la valeur (en g/cm²) des écrans utilisés lors de chaque expérience sont indiquées dans la troisième colonne du tableau.

Joignons à ces résultats ceux obtenus au moyen de la disposition 4 de la figure (coïncidences doubles et triples ordinaires de S_1) :

Exp. 11. — Comptages doubles : 1–3............ 757 ± 11 par heure
» 2–3............ 705 ± 11 »
Total...................... 1462 ± 22 »
Exp. 12. — Comptages triples : 123............. 3,63 ± 0,13 par heure

Ces résultats montrent qu'avec cette géométrie des compteurs, 0,25 % des mésons sont accompagnés d'électrons de choc.

4. La comparaison des expériences 1 et 3 prouve qu'un autre phénomène se superpose à celui des chocs retardés dans les compteurs.

Les résultats des expériences 3 et 7 prouvent que cet effet supplémentaire, qui disparaît avec l'interposition de 20 g/cm² d'aluminium, est dû à des particules molles, probablement des électrons. L'examen de l'effet de *voûte* des expériences 3 à 7 dans les deux cas prouve également qu'il y a bien un autre effet que celui des chocs retardés; on constate en effet que N_2 décroît, tandis que N_1 augmente.

De plus, la comparaison des variations de N_2/N_1 avec l'écran montre que les particules enregistrées sont de plus grande énergie à l'air libre que sous le toit, ceci est en faveur de l'hypothèse suivant laquelle il s'agirait d'électrons de gerbes, les retards observés étant dus à des fins de parcours.

Les expériences 9 et 10, montrant que N_2/N_1 est pratiquement égal dans ce

cas au nombre de chocs retardés, semblent infirmer l'hypothèse des gerbes, de même que le calcul que nous avons effectué des retards possibles des électrons dans celles-ci.

On peut donc supposer qu'il s'agit, au moins pour la plus grande partie de l'effet observé, de petites gerbes provenant d'un méson. Celui-ci se désintègre au-dessus de l'appareil, qui reçoit alors l'électron de désintégration et un ou plusieurs électrons de choc, phénomène relativement rare à cause du faible accompagnement du méson (expériences 11 et 12). Des expériences analogues sont entreprises dans une salle souterraine, où ne subsiste plus que le rayonnement pénétrant, afin d'éclaircir cette question.

Si la deuxième hypothèse est correcte, la comparaison des expériences 2(A) et 2(B), donnant le nombre des mésons arrêtés par le toit, jointe aux résultats des expériences 11 et 12, permet d'estimer que la probabilité de création d'un électron, lors de la désintégration du méson, est forte, au moins égale à 1/2, conformément aux conclusions de Rasetti (²).

THÉORIES CHIMIQUES. — *Sur l'identité des propriétés des covalences et des coordinences.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Parmi les forces de valence qui maintiennent unis les atomes, les radicaux ou les molécules qui constituent un complexe, Werner a distingué les valences principales, ou covalences, et les valences secondaires, ou coordinences. Cette distinction a été précisée par les théories de Sidgwick (¹) et de Pauling (²), qui s'accordent pour conclure que ces deux espèces de liaisons diffèrent par la structure électronique initiale des radicaux qui peuvent les contracter, et par le mécanisme de leur formation, mais conduisent à une distribution analogue des électrons dans le complexe, *une fois celui-ci formé*. Du point de vue expérimental, où nous nous placerons ici, on a cherché à mettre en évidence l'identité ou la différence des covalences et des coordinences, en étudiant divers phénomènes.

1. Werner a préparé l'ion complexe $\left[\mathrm{en^2 Co} \begin{smallmatrix} \diagup \mathrm{NH^2} \diagdown \\ \diagdown \mathrm{NO^2} \diagup \end{smallmatrix} \mathrm{Co\, en^2} \right]^{++++}$ (³) sous une forme inactive par nature sur la lumière polarisée; il en a conclu que les *ponts* NH^2 et NO^2 et aussi les liaisons qui les unissent aux atomes de Co doivent être symétriques par rapport à un plan, ce qui implique une répar-

(²) Rasetti, *Phys. Rev.*, 59, 1941, pp. 613-706; 60, 1941, p. 198.

(¹) *The electronic theory of valency*, 1929.

(²) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1367.

(³) *en* désigne une molécule d'éthylènediamine, *pn* une de propylènediamine. Les covalences sont figurées par des traits pleins, les coordinences en pointillé.

tition électronique identique pour les covalences et les coordinences. Bien qu'il ait été critiqué ([4]), ce raisonnement est correct ([5]), et sa conclusion est renforcée par les données acquises sur la symétrie des groupes NH^2 et NO^2 ([6]).

2. Les mesures magnétiques, qui établissent une différence nette entre les covalences et les électrovalences, n'en montrent pas entre covalences et coordinences : le moment magnétique, calculé dans l'hypothèse d'une même distribution électronique dans les deux cas, s'accorde avec les mesures ([2]).

3. Dans des composés tels que $[PtCl^4]K^2$ ou $[PtCl^6]K^2$, deux atomes Cl sont unis à l'atome Pt par coordinences, les autres par covalences. L'étude de leur structure cristalline, et celle de nombreux complexes analogues, montre une symétrie quaternaire pour les ions tétracoordinés, une symétrie octaédrique régulière pour les ions hexacoordinés : la position des atomes liés par des coordinences ne se distingue pas. On sait pourtant que la méthode révèle une différence entre les coordinences et les liaisons par attraction de dipôle ([7]).

4. L'étude des spectres de vibration confirme le résultat précédent : l'interprétation des spectres de Raman donnés par $[Pd(CN)^4]^{--}$, $[Pt(NO^2)^4]^{--}$, ... ne s'accorde qu'avec la symétrie quaternaire; celle des spectres de $[Rh(CN)^6]^{---}$, $[Ir(NO^2)^6]^{---}$, ... indique une symétrie cubique ([8]).

5. Lifschitz ([4]) a pensé trouver un critère de distinction entre covalences et coordinences, dans certains complexes doués de pouvoir rotatoire. Selon lui, si une molécule optiquement active A entre dans un complexe indédoublable ou indédoublé, l'effet Cotton apparaît dans les bandes d'absorption électroniques du métal central M si la liaison entre A et M est covalente, ou si elle est à la fois covalente et coordinative, mais non pas si elle est purement coordinative. L'effet Cotton existe, comme le prévoit la règle précédente, chez les ions complexes du type $[en^2Co{=\!=}ac]$, où *ac* désigne une molécule d'acide aminé actif, lié au cobalt par covalence et par coordinence ([9]). Par contre, on ne devrait pas le constater pour un composé renfermant une molécule d'amine active, dont la liaison ne peut être que coordinative. C'est bien ce qui semblait résulter des mesures de dispersion rotatoire de composés tels que I. $[Co(NO^2)^3NH^3 d\text{pn}]$; II. $Br[Co(NO^2)^2 \text{en}\, d\text{pn}]$; III. $SO^4[Ni(d\text{pn})^2]$. En réalité, ces mesures étaient incomplètes; dans les deux premiers cas, elles ne s'étendaient qu'à des longueurs d'onde supérieures à $0^{\mu},50$, alors que l'absorption atteint son maximum vers $0^{\mu},44$; dans le dernier cas, l'anomalie

---

([4]) J. Lifschitz, *Zeits. physik. Chem.*, 114, 1925, p. 494.

([5]) J.-P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 773.

([6]) J.-P. Mathieu et D. Massignon, *Comptes rendus*, 212, 1941, p, 1084.

([7]) Cf. par exemple, J.-P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 736.

([8]) J.-P. Mathieu, *Journ. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 308.

([9]) J. Lifschitz, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 58, 1939, p. 785; J.-P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 873.

du pouvoir rotatoire est faible. Mais, si l'on mesure le dichroïsme circulaire, qui est le phénomène vraiment caractéristique de l'effet Cotton, on trouve qu'il existe dans tous les cas précédents. Les valeurs suivantes sont celles du dichroïsme moléculaire, en degrés (I, II, III représentent les trois combinaisons ci-dessus) :

λ en mμ..	680.	640.	620.	600.	580.	550.	520.	500.	460.	450.	436.
I........	–	–	–	–	–	–	0	0	–	—200	—500
II.......	–	–	–	–	–	–	0	0	—120	—490	—1400
III......	—50	—95	—120	—135	—125	—85	—30	0	–	–	–

En somme, *il n'existe pas actuellement de faits expérimentaux qui établissent, entre les covalences et les coordinences, une différence déjà abolie par la théorie électronique*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la teneur en soufre total et en sénevol des graines de Colza à divers degrés de maturité*. Note de M. **Émile André** et Mme **Madeleine Kogane-Charles**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est bien connu que les graines fournies par la plupart des plantes de la famille des Crucifères, fournissent, après broyage et macération dans l'eau, des essences sulfurées dites *sénevols* qui sont des esters isosulfocyaniques de divers alcools aliphatiques ou cycliques. La quantité de soufre qui se dégage sous forme d'huile essentielle est en général assez faible. Nous avons recherché quelle était, par rapport au soufre total contenu dans la graine, la proportion de soufre pouvant être dégagée sous forme de sénevol. A notre connaissance l'étude de la teneur en soufre des graines de Crucifères n'a fait jusqu'ici l'objet que d'un travail de Vogel (1) remontant à 1842. Vogel a dosé le soufre dans les graines de Cresson alénois, *Lepidum sativum* L., par une méthode qui ne donnait pas des résultats exacts et qui le conduisit à des conclusions erronées.

Nous avons opéré le dosage du soufre total en détruisant la matière organique au moyen de l'acide nitrique et du chlorate de potassium; ce dernier réactif étant ajouté par petites fractions à la fois. Toutes précautions utiles étant prises, on peut sans ennui obtenir le résultat désiré. La destruction complète de l'huile est assez longue, il ne faut pas compter moins de 10 à 12 heures d'attaque. Nous avons imaginé, pour pratiquer cette destruction, un petit appareil qui sera décrit dans un autre Recueil. La matière organique une fois détruite, l'acide sulfurique est dosé à l'état de sulfate de baryum.

Nous avons déjà indiqué (2) que nous avions séparé d'un échantillon de graines de Colza, provenant directement du producteur, cinq catégories de graines : très grosses, grosses, moyennes, petites et très petites. Les graines petites et très petites avaient été récoltées avant maturité pour éviter la perte d'une proportion importante de graines mûres provoquée

(1) *Journ. f. prakt. Chem.*, 55, 1842, p. 221.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 636.

par la déhiscence des siliques (écalage). Nous avons déjà montré que les graines immatures fournissent une moindre quantité d'huile et que celle-ci est assez fortement acide.

Nous avons dosé le soufre total dans chacune des cinq catégories de graines ci-dessus désignées et nous avons, d'autre part, dosé le soufre que les graines laissent dégager sous forme de crotonylsénevol, par distillation, après avoir macéré quelque temps dans l'eau tiède. Le procédé de dosage utilisé est celui que prescrit la Pharmacopée française pour le dosage de l'allysénevol dans les graines de Moutarde noire.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

Calibre des graines.	Répartition % des graines dans l'échantillon.	Huile %.	Soufre total %.	Soufre se dégageant à l'état de sénevol %.	Rapport $\frac{\text{S. des sénevols}}{\text{S. total}}$
Très grosses......	1,3	39,7	0,824	—	—
Grosses	15,3	38,5	0,723	0,025	3,4%
Moyennes	59,4	37,2	0,729	0,022	3,0
Petites.........	20,5	31,8	0,759	0,025	3,3
Très petites.....	3,5	24,9	0,943	—	—

Les données numériques ci-dessus montrent que la teneur en soufre total s'abaisse tandis que la teneur en huile s'élève à mesure que la maturation des graines progresse. Les graines très grosses font exception quant à leur teneur en soufre, toutefois leur proportion dans l'échantillon global n'est que de 1,3 % ; en outre nous avons quelque raison de penser qu'il s'agit d'une variété différente de celle des quatre autres catégories. Notons également combien faible est la proportion du soufre des sénevols par rapport au soufre total (de 3 à 3,4% seulement).

En terminant, nous signalons que le dosage du soufre, dans les résidus de graines déshuilées par l'essence légère, a révélé qu'une certaine quantité de soufre, représentant de 7 à 13 % du soufre total, a été entraînée en même temps que l'huile par le dissolvant. Les composés sulfurés solubles dans l'essence sont volatils, on n'en retrouve qu'une faible partie dans l'huile; ce ne sont pas des sénevols. A aucun moment nous n'avons perçu l'odeur forte de ces composés; en outre il est reconnu que l'essence de pétrole laisse intacts les glucosides à sénevols; cette propriété est mise à profit pour déshuiler les graines de moutarde noire en vue de la préparation des sinapismes en feuilles.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Oléacées. Développement de l'embryon chez le* Ligustrum ovalifolium *Hassk*. Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les quelques figures que A. Andersson [1] nous a laissées, représentant, à des stades différents, l'embryon du *Syringa vulgaris*, du *Fraxinus excelsior*, du

[1] *Lunds Univ. arsskrift*, N. F., 27, 1931, p. 7.

Jasminum Beesianum et du *Ligustrum Ibota*, indiqueraient que le mode de construction des formes, chez les Oléacées, manque vraiment de simplicité et de fixité. Chez le *Ligustrum ovalifolium*, j'ai pu cependant observer une série assez constante de divisions qui me permet de dégager des lois générales et, en même temps, de définir un nouveau type embryonomique.

Il se constitue, aux dépens de l'œuf, une tétrade linéaire *première* (*fig.* 3) dont les deux éléments supérieurs, *cc* et *cd*, par divisions transversales, donnent une tétrade linéaire *seconde* (*fig.* 5 à 8). A ce stade, le proembryon, dans son ensemble, se montre parfois



Fig. 1 à 30. — *Ligustrum ovalifolium* Hassk. Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*, mères de la tétrade linéaire seconde; *l*, cellule terminale de cette tétrade, donnant les octants supérieurs, *os*, puis la partie cotylée; *l'*, cellule sub-terminale engendrant les octants inférieurs, *oi*, puis la moitié supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule dite moyenne de la tétrade seconde, produisant la moitié inférieure de l'hypocotyle; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *ci*, cellule inférieure de la tétrade seconde donnant le primordium de la coiffe et parfois quelques éléments du suspenseur; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *iec*, initiales de l'écorce à l'extrémité radiculaire; *co*, primordium de la coiffe. G. = 290.

octocellulaire, avec huit éléments superposés (*fig.* 8), mais il est le plus souvent hexacellulaire, la cellule basale n'ayant produit que deux éléments, tandis que quatre naissaient aux dépens de la cellule apicale. Seule la tétrade linéaire *seconde* contribue à la construction du corps embryonnaire; les éléments issus de la cellule basale ne fournissent que la partie inférieure du suspenseur.

En général, les trois blastomères supérieurs, *l*, *l'* et *m*, par cloisons méridiennes cruciales donnent deux, puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11 à 15, 17, 20, 23, 24); celles-ci prennent ensuite des cloisons le plus souvent péricIines et produisent finalement,

les premières, dérivées de *l*, la partie cotylée, les deuxièmes, issues de *l'*, la moitié supérieure de l'hypocotyle, les troisièmes, tirant origine de *m*, la moitié inférieure de la même région embryonnaire avec les initiales du périblème et du plérome à l'extrémité radiculaire (*fig.* 25 à 29). Quelquefois, le blastomère *l* peut se diviser obliquement (*fig.* 16, 21) et amener ainsi, au sommet, la formation d'une cellule épiphysaire (*fig.* 22, 26, 27); quelquefois également, des parois transversales peuvent, dans l'intérieur de *m*, précéder les parois longitudinales (*fig.* 18, 19, 20, 22 à d., 25), sans que les destinées de ce blastomère le trouvent modifiées.

L'élément *ci* de la tétrade *seconde* (*fig.* 8, 9) se segmente le plus souvent transversalement (*fig.* 18 à 21, 23), mais il peut aussi se diviser verticalement (*fig.* 17). Dans le premier cas, il donne naissance à la portion médiane de la coiffe et à quelques éléments de suspenseur; dans le deuxième cas, il produit le primordium de la coiffe seulement. Le suspenseur reste filamenteux, peu développé et sans signification apparente.

La cellule basale du proembryon bicellulaire ne contribuant nullement à la construction de l'embryon, le *Ligustrum ovalifolium* représente un type embryonomique qui vient se ranger dans la deuxième division de la classification périodique. D'autre part les destinées de la cellule *ed* permettent de rattacher ce type au mégarchétype III; enfin le mode de cloisonnement des deux cellules supérieures, *l* et *l'* de la tétrade linéaire *seconde* assigne, à ce type, sa place dans le 11e groupe, pour la généralité de ses formes, dans le 13e, pour certaines autres (2).

On ne peut manquer d'être frappé des ressemblances qu'offrent les formes proembryonnaires du *Ligustrum ovalifolium* avec celles qui ont été observées chez certains *Solanum*, le *Carum Carvi*, le *Sherardia arvensis*, l'*Echium vulgare*, partout où il apparaît un proembryon octocellulaire à huit étages. Si les destinées des étages supérieurs n'ont pu, dans ces divers cas, être nettement déterminées, c'est que, à côté de ces proembryons à huit étages, il s'en constitue d'autres à six et sept étages rendant tout à fait hypothétique l'interprétation des formes plus âgées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La production du rachitisme expérimental est-elle spécifiquement liée au déséquilibre phosphocalcique de la ration?* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La production du rachitisme expérimental chez le Rat blanc apparaît liée à un ensemble de conditions également indispensables : 1° animaux pris au sevrage et élevés à l'abri de la lumière directe; 2° carence du régime en vitamine D; 3° apport d'une suffisante proportion de vitamine A; 4° déséquilibre phosphocalcique important de la ration, habituellement dû à un taux élevé de calcium et une carence relative en phosphore. Le rapport Ca/P qui traduit ce déséquilibre est alors plus grand que 2. Nous avons récemment montré que peu importe alors la nature du sel de calcium présent et que seul le radical phosphorique doit être en carence relative, un taux élevé de

(2) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, II, Paris, 1939, p. 83.

phosphore sous forme d'hypophosphite (par exemple) n'empêchant pas la production du rachitisme ([1]). Il est généralement admis que le rapport Ca/P peut tomber bien au-dessous de 0,5 et aboutir ainsi à la production des lésions rachitiques chez le Rat. Les expériences sur lesquelles se fonde cette affirmation sont dues à Pappenheimer, Mc Cann et Zucker qui montrèrent qu'un régime riche en phosphate bipotassique et pauvre en calcium, dont le rapport Ca/P est égal à 0,03, peut entraîner chez le Rat l'apparition d'un rachitisme expérimental typique; mais celui-ci ne fut observé nettement que deux fois sur 14 animaux semblablement traités ([2]).

La valeur du rapport Ca/P se trouvant limitée aux dérivés de l'anhydride phosphorique pour les taux élevés et les observations sur les taux très bas ne semblant pas très démonstratives, il nous a semblé opportun d'étendre les essais précédemment rappelés afin de rechercher si le déséquilibre minéral responsable du rachitisme expérimental du Rat est bien le déséquilibre phosphocalcique habituellement incriminé. A cet effet nous avons utilisé, comme point de départ de nos rations, le régime rachitigène de H. C. Sherman et A. M. Pappenheimer ([3]), dans lequel Pappenheimer, Mc Cann et Zucker avaient remplacé le lactate de calcium par le phosphate bipotassique, et le régime de H. Steenbock et A. Black, à base de carbonate de calcium ([4]). Ayant par ailleurs établi que l'alcalose joue un rôle important dans la production du rachitisme ([5]), nous avons eu l'idée de substituer aux sels calciques, ordinairement mis en œuvre, non plus du phosphate bipotassique, mais du phosphate disodique ainsi que du bicarbonate de sodium et du citrate trisodique, dont nous venions d'étudier l'action sur la montée de la réserve alcaline sanguine du Lapin ([6]).

Les régimes suivants furent ainsi constitués et donnés à titre exclusif à de jeunes rats blancs de 35 à 45^g, maintenus à l'obscurité et recevant en outre *ad libitum* de l'eau distillée et du papier filtre.

	I.	II.	III.	IV.
Farine blanche de blé	95	0	75,9	0
Semoule de blé	0	0	0	75,9
Semoule de maïs	0	76	0	0
Poudre de gluten	0	20	20	0
Peptone de muscle	0	0	0	20
Chlorure de sodium	2	1	1	1
Citrate ferrique	0,1	0	0,1	0,1
Phosphate disodique (anhydre)	2,9	3	3	3

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 688.
([2]) *Journ. Exp. Med.*, 35, 1922, p. 421.
([3]) *Journ. Exp. Med.*, 34, 1921, p. 189.
([4]) *Journ. Biol. Chem.*, 64, 1924, p. 263.
([5]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 189; 212, 1941, p. 938.
([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1513.

L'apparition du rachitisme chez ces animaux se trouvait mise en évidence par des radiographies effectuées de semaine en semaine, l'examen portant principalement sur l'élargissement de la zone non calcifiée diaphyso-épiphysaire du tibia. Avec le régime I, dont le rapport Ca/P égale 0,03, les résultats obtenus furent, par leur irrégularité, assez comparables à ceux de Pappenheimer et de ses collaborateurs, un rachitisme plus ou moins net s'observant après 21 jours dans la moitié des cas environ. Dans les mêmes conditions, les régimes II et III, dérivés du régime de Steenbock et Black et dont le rapport Ca/P est voisin de 0,04, se montrèrent dépourvus d'efficacité, même quand le taux de phosphate disodique était porté à 5 %, ce qui faisait tomber le rapport Ca/P à 0,03. Par contre le régime IV, très voisin, dans lequel la peptone de muscle remplaçait la poudre de gluten, permit l'obtention d'un rachitisme typique s'observant régulièrement après une quinzaine de jours.

La substitution de citrate trisodique (anhydre) et plus encore celle de bicarbonate de sodium au phosphate disodique fournit, dans tous les cas, d'aussi bons et souvent même de meilleurs résultats, en 21 jours avec les régimes I et III, en 15 jours avec les régimes II et IV, le rachitisme obtenu avec le citrate trisodique étant toutefois moins accusé qu'avec le bicarbonate de sodium, dans le cas des régimes I et II. Les rapports Ca/P étant devenus en l'absence de phosphate disodique égaux à 0,22 et 0,15, il ne semble pas que l'exagération du déséquilibre phosphocalcique soit ici la cause du rachitisme.

Conclusions. — Toutes les autres conditions indispensables étant par ailleurs remplies, il ne suffit donc pas de provoquer un déséquilibre phosphocalcique des rations, par exagération du taux de phosphore (sous forme de phosphate disodique) par rapport au calcium, pour obtenir de manière constante, chez le Rat blanc, du rachitisme expérimental.

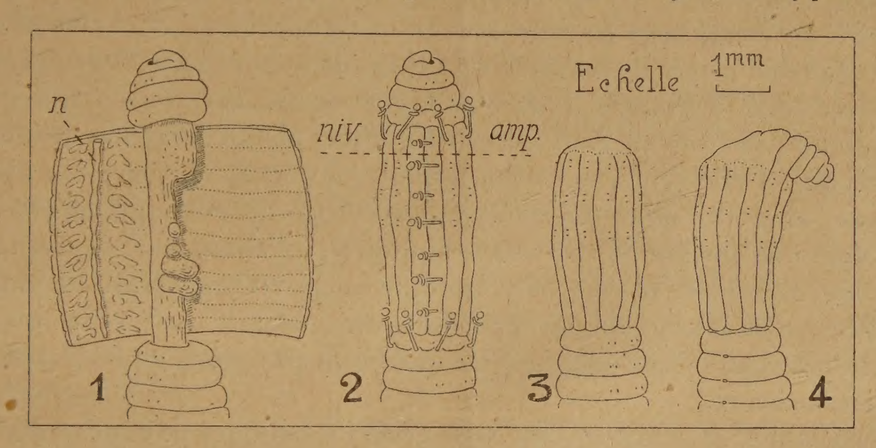
Par contre, la substitution du citrate trisodique, et mieux encore du bicarbonate de sodium au phosphate disodique, dans les mêmes rations, assure la production d'un rachitisme habituellement plus rapide et toujours très constant.

Il semble que, dans tous ces cas, aussi bien que dans le cas des régimes rachitigènes habituels comportant un large excès de sels calciques, ce ne soit pas un déséquilibre spécifiquement phosphocalcique qui entre en cause, mais plutôt un déséquilibre minéral générateur d'alcalose.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'autonomie de la différenciation des régénérats céphaliques chez les Lombrics.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Maurice Caullery.

En vue de compléter les indications précédemment acquises (¹) sur l'indépendance de la morphologie des régénérats céphaliques des Lombrics par rapport à certains caractères structuraux des parties anciennes, j'ai réalisé, chez *Eisenia* sp., une expérience permettant d'offrir à la régénération une base dépourvue de toute analogie structurale avec une section transversale.

La paroi du corps (peau et musculature), avec la chaîne nerveuse correspondante (*n*, *fig.* 1), est détachée, chez un ver (*donneur*), du 5ᵉ au 15ᵉ segment, par deux incisions transversales, puis fendue en long, développée à plat



(*fig.* 1) et isolée. Un autre lombric (*porte-greffe*) est dépouillé à son tour de la paroi du corps, du 5ᵉ au 12ᵉ segment, mais on laisse en place sa chaîne nerveuse. Le lambeau étalé, pris au donneur, est tourné dans son plan de 90°, afin de rendre transversal son axe longitudinal; puis il est transposé sur le porte-greffe, à la place dénudée, refermé sur lui-même en un manchon cylindrique, et assujetti par 18 points de suture (*fig.* 2). Dans cette région nouvelle, les segments, déroulés et devenus longitudinaux, apparaissent comme autant de cannelures, tandis que les rangées de soies dessinent des cercles transversaux. Après guérison, les patients sont décapités par une section passant dans le greffon et parallèle aux cercles de soies (*fig.* 2, *niv. amp.*). La surface de section est ainsi constituée de deux parties différentes : *a*. la chaîne nerveuse et le tube digestif du porte-greffe restés en place, qui sont sans influence sur la morphologie des régénérats (²); *b*. une tranche de la paroi du corps

(¹) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 255; **213**, 1941, p. 460.
(²) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 447; **213**, 1941, p. 213.

(provenant du donneur), qui reste donc seule susceptible de régler l'aspect du régénérat et qui, les axes du greffon ayant été tournés de 90°, a en réalité, bien que transversale, la valeur d'une des lèvres d'une fente *exactement longitudinale*, refermée en cercle sur elle-même. Nous avons donc bien réalisé une base circulaire, mais n'offrant aucun des caractères structuraux d'une section transversale quelconque. Une variante de cette opération, conforme au même principe, a fourni de nouveaux sujets.

Au total, l'évolution de 23 opérés a pu être suivie pendant un temps suffisant (deux à trois mois). Chez tous, la plaie a été obturée par un cône surbaissé de tissus jeunes. Dans 13 cas, les tissus néoformés n'ont subi aucune différenciation (*fig*. 3). Au contraire, chez 10 sujets, il s'est formé un régénérat céphalique bien constitué, mais orienté, par rapport au reste du corps, perpendiculairement, ou très obliquement. L'étude histologique de 22 sujets a montré que, chez tous les vers dépourvus de régénérat, la chaîne nerveuse du porte-greffe, privée de ses attaches au tégument par la première opération, s'était rétractée à l'intérieur du corps, lors de la décapitation. La surface d'amputation se trouvait ainsi dépourvue d'une chaîne nerveuse sectionnée, absence qui, à elle seule, empêche le plus souvent la régénération ([3]). Au contraire, chez les sujets où la chaîne nerveuse du porte-greffe est restée affleurante à la surface de section, c'est-à-dire en l'absence de causes inhibitrices intercurrentes, il s'est toujours différencié un régénérat. La morphologie externe et interne de ces régénérats est normale, c'est-à-dire qu'ils ne diffèrent pas anatomiquement de ceux qui s'édifient après simple décapitation de sujets normaux.

En conclusion, la structure des régénérats céphaliques ne dépend d'aucune des caractéristiques structurales de la surface de section sur laquelle ils s'édifient; les régénérats semblent donc se différencier principalement sous l'action de facteurs intrinsèques. Les problèmes de polarité et d'orientation soulevés par l'expérience précédente ne sauraient être discutés dans cette brève Communication.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'ablation des corps allates au dernier âge larvaire n'affecte pas, ultérieurement, la reproduction chez* Bombyx mori. Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Selon Wigglesworth (1935), chez *Rhodnius prolixus* (Hémipt.), le *corpus allatum* sécrète une hormone sans laquelle, chez la ♀, les oocytes meurent, et, chez le ♂, les glandes accessoires restent atrophiées. Mais la technique opératoire de cet auteur est rudimentaire. Sans connaître le travail de

(3) Voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2166.

Wigglesworth, nous indiquions, au contraire, que l'ablation élective des C. A. chez le Ver à soie, au dernier âge larvaire, n'empêchait ni la métamorphose ni, éventuellement, la reproduction (1936, puis 1938).

A la même époque, Weed-Pfeiffer (1936 et 1939), ayant imaginé une technique élective, d'ailleurs différente de la nôtre, confirmait, chez *Melanoplus differentialis*, les conclusions de Wigglesworth, et Pflugfelder (1937) confirmait les nôtres sur *Dixippus morosus*. Enfin Thomsen (1940) a obtenu, chez des Muscides adultes, un arrêt du développement ovarien, par ablation élective de leur C. A. impair médian.

Devant ces contradictions, nous avons refait une série d'expériences spécialement destinées à élucider le comportement génital des opérés.

La réalité des ablations fut rigoureusement contrôlée, chaque fois, par examen microscopique des pièces opératoires, les rares opérations douteuses éliminées.

De 44 vers opérés, ayant, lors de l'opération, de 1 à 13 jours après la dernière mue larvaire, 21 se sont chrysalidés; et, finalement, 13 papillons ont été obtenus, proportion plus forte que lors de nos premières expériences, surtout si l'on tient compte du nombre beaucoup plus grand des sujets opérés avant la fin de la période d'alimentation indispensable.

Dans la mesure où leurs émergences simultanées et leur longévité restreinte (2 à 4 jours) le permettaient, les imagos ont été appariés avec des témoins vierges, ou avec un autre opéré. Une douzaine de pontes ont été recueillies, qui ont effectué, dans des délais analogues, le même virage pigmentaire que les pontes témoins.

Une ponte provenant de géniteurs bivoltins s'est développée selon le rhythme propre à sa variété. Une ponte de variété non bivoltine a répondu au traitement bivoltinisant comme des pontes témoins : nous avons élevé les descendants de ces pontes qui ont vécu normalement et ont, à leur tour, pondu des œufs, conservés.

Ainsi, confirmation accrue de nos premières expériences; et il est surprenant que Weed et Thomsen observent, après une ablation tardive (chez l'imago), une perturbation plus importante que nous n'en observons après une opération beaucoup plus précoce. Les causes des divergences ne peuvent être discutées longuement ici. Toutefois, se borner à invoquer un rôle différent des C. A. suivant les ordres, voire les espèces, est un argument de facilité, à retenir seulement après échec de toute autre tentative d'explication.

On peut envisager : 1° des différences de technique entraînant des lésions insoupçonnées; 2° une hypotrophie générale post-opératoire des sauterelles et des mouches, qui, à l'inverse des Lépidoptères, doivent s'alimenter à l'état d'imago pour être aptes à se reproduire. Weed et Thomsen indiquent bien que leurs opérés sont *capables de manger*, mais peut-être ont-ils cependant

subi un déficit alimentaire. Signalons, à cet égard, que certaines femelles n'ayant pu suffisamment s'alimenter après nos opérations, mais parvenues néanmoins à l'état d'imago, pondirent des œufs de taille nettement inférieure à la normale, et que de tels faits s'observèrent chez nos témoins jeûneurs; 3° enfin, le C. A. de l'adulte n'est peut-être pas l'équivalent anatomique du C. A. larvaire. Il comporte peut-être des éléments glandulaires nouveaux, qui restent disséminés, mais actifs, dans l'organisme, si le C. A. larvaire manque lors des remaniements qui accompagnent l'apparition de l'état adulte chez tous les Insectes (hémimétaboles comme holométaboles).

Nous poursuivons nos recherches dans ce sens.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Fichot* :

En première ligne............	M. **Emmanuel de Martonne.**
En seconde ligne............	M. **André Courtier.**
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.........	MM. **Henri Roussilhe.** **Pierre Tardi.** **Jean Vignal.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la séance du mardi 27 octobre.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.